

FACULTÉ DE MEDECINE DE PARIS

ANNÉE 1939

THÈSE

214 N^o

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

René CODOMIÉ

Né le 3 avril 1913 à Laissac (Aveyron)

CARBURATION PHYSIOLOGIQUE

**Moteurs animés
et Moteurs inanimés**

Président : M. L. TANON, Professeur

PARIS

LIBRAIRIE MÉDICALE MARCEL VIGNÉ

11 & 13, RUE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

1939

THÈSE
POUR LE DOCTORAT
EN MÉDECINE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1939

THÈSE

N^o

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

René CODOMIÉ

Né le 3 avril 1913 à Laissac (Aveyron)

CARBURATION PHYSIOLOGIQUE

**Moteurs animés
et Moteurs inanimés**

Président : M. L. TANON, Professeur

PARIS

LIBRAIRIE MÉDICALE MARCEL VIGNÉ

11 & 13, RUE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

1939

LE DOYEN : TIFFENEAU

I. — PROFESSEURS

Anatomie	MM.
Physiologie	ROUVIÈRE.
Physique médicale	Léon BINET.
Chimie médicale	STROHL.
Bactériologie	POLONOVSKI
Parasitologie et histoire naturelle médicale	Robert DEBRE.
Pathologie et thérapeutique générales	BRUMPT.
Pathologie médicale	BAUDOUIN.
Pathologie chirurgicale	ABRAMI.
Anatomie pathologique	N...
Histologie	LEROUX.
Pharmacologie et matière médicale	CHAMPY.
Thérapeutique	TIFFENEAU.
Hygiène et médecine préventive	HARVIER.
Médecine légale	TANON.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	BALTHAZARD.
Pathologie expérimentale et comparée	LAIGNEL-LAVASTINE.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	FIESSINGER.
	CHIRAY
Clinique médicale	LOEPER.
	CARNOT.
	CLERC.
	Marcel LABBÉ.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBoullet.
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
	CUNEO.
Clinique chirurgicale	GOSSET.
	GREGOIRE.
Clinique ophtalmologique	LENORMANT.
Clinique urologique	TERRIEN.
	CHEVASSU.
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE.
	JEANNIN.
	LEVY-SOLAL.
Clinique gynécologique	MOCQUOT.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBREDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	Maurice VILLARET.
Clinique de la tuberculose	TROISIER.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU.
Clinique cardiologie	LAUBRY.
Clinique d'Assistance Médico-sociale	CROUZON.
	HOVELACQUE.
Professeurs sans chaire	MULON.
	OLIVIER.
	VERNE.



II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

AMELINE Pathologie chirurgicale
BARIETY Pathologie médicale.
BENARD (Henri) Pathologie médicale.
BERNARD (E) .. Pathologie médicale.
BESANÇON (Justin), Hydrologie.
BOULIN Pathologie médicale.
BULLIARD Histologie.
CATHALA Pathologie médicale.
CHEVALLIER .. Pathologie médicale.
COSTE Pathologie médicale.
DOGNON Physique.
FEY Urologie.
FUNCK Pathologie chirurgicale
GALLIARD Parasitologie.
GASTINEL Bactériologie.
DE GAUDART D'ALLAINES Pathologie
chirurgicale.
GAYET Physiologie.
DE GENNES Pathologie médicale.
GIROUD Histologie.
HAGUENEAU... Pathologie médicale.
HALPHEN Oto-rhino-Laryng.
HAZARD Pharmacologie.
HUGUENIN Anatomie pathologique
JOANNON Hygiène.
LACOMME Obstétrique.

MM.

LANTUEJOUL.. Obstétrique.
LAROCHE (Guy) Pathologie médicale
LARVIER Parasitologie.
LELONG Pathologie médicale.
LEMAIRE Pathologie expérimentale.
LEVEUF Pathologie chirurgicale
Mlle J. LEVY .. Pharmacologie.
LEVY-VALENSI Neurologie et Psychiatrie.
MENEGAUX Pathologie chirurgicale
MOLLARET Pathologie médicale.
MOREAU Pathologie médicale.
MOULONGUET. Pathologie chirurgicale
MOUQUIN Pathologie médicale.
PETIT-DUTAILLIS .. Pathologie chirurgicale
PIEDELIEVRE . Médecine légale.
PORTES Obstétrique.
RENARD Ophtalmologie.
RICHET Physiologie.
SANNIE Chimie biologique.
SENEQUE Pathologie chirurgicale
TROIISIER Pathologie expérimentale
TURPIN Pathologie médicale.
VIGNES Obstétrique.
WILMOTH Pathologie chirurgicale

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE pour le service des examens

MM.

ALGLAVE Pathologie chirurgicale
BUSQUET Pharmacologie.
CHAILLEY-BERT Physiologie.
GUÉNOT Obstétrique.
HEITZ-BOYER. Pathologie chirurgicale

MM.

LARDENNOIS .. Pathologie chirurgie.
LE LORIER Obstétrique.
SCHWARTZ Clinique chirurgicale.
VAUDESCAL... Obstétrique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE A TITRE PERMANENT

MM.
 ALAJOUANINE. Clinique médicale.
 AUBERTIN..... Clinique médicale.
 BRULE Clinique médicale.
 CHABROL Clinique médicale.
 PONZELOT Clinique médicale.
 DU VOIR Clinique médicale.
 LIAN Clinique médicale.
 PASTEUR-VALLÉRY-RADOT Clinique médicale.

MM.
 SEZARY Clinique médicale.
 BASSET Clinique chirurgicale.
 BROCC Clinique chirurgicale.
 CADENAT Clinique chirurgicale.
 GATELLIER Clinique chirurgicale.
 MOURE Clinique chirurgicale.
 QUENU Clinique chirurgicale.
 VELTER Clinique chirurgicale.

MM.
 ECALLE..... Clinique obstétricale.
 METZGER..... Clinique obstétricale

V. — CHARGÉS DE COURS

MM.
 CHAILLEY-BERT, agrégé..... Education Physique.
 LEDOUX-LEBARD..... Radiologie clinique.
 RUPPE..... Stomatologie.
 WEILL-HALLE Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

Mort pour la France.

A MA MÈRE

*Pour tous les sacrifices qu'elle a
faits pour me faire instruire.*

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE
MONSIEUR LE PROFESSEUR TANON
PROFESSEUR D'HYGIÈNE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE
DE PARIS
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
CONSEILLER TECHNIQUE SANITAIRE
AU MINISTÈRE DE LA SANTÉ PUBLIQUE
INSPECTEUR GÉNÉRAL DES SERVICES TECHNIQUES
D'HYGIÈNE
A LA PRÉFECTURE DE POLICE
OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

*Qui m'a fait le grand honneur
de présider cette thèse et qui m'a
inspiré le sujet de cette étude.*

A TOUS MES MAÎTRES DE LA FACULTÉ
ET DES HOPITAUX

INTRODUCTION

Il y a parfois avantage à comparer le fonctionnement de notre corps à celui d'une machine. On en tire bien des conclusions. Il faut se garder d'exagérer, car l'organisme est doué d'une spontanéité que ne possèdent pas les mécanismes que nous créons et est capable de lui-même de modifier ses réactions, mais ce rapprochement nous rend bien compte de phénomènes que nous concevions moins clairement sans lui. Ainsi le moteur d'automobile nous permet de pressentir les inconvénients qui résultent d'une mauvaise carburation.

Tout le monde sait, depuis que Lavoisier l'a le premier démontré, que tous les aliments que nous ingérons, se transforment en force et en chaleur dans l'organisme. Ils le font d'autant mieux qu'ils sont mieux utilisés, ou si l'on veut, mieux digérés. S'ils le sont mal, le corps fonctionne mal ; s'ils le sont bien tout ira bien parce qu'il n'y aura pas de déchets.

Or cette combustion qui se fait sans brutalité et dont nous nous rendons peu compte, équivaut parfaitement à la carburation d'un moteur. Essayons de la comprendre pour en tirer profit hygiénique.

Depuis la découverte des machines à vapeur, bien des fois, le fonctionnement de notre organisme a été comparé à celui d'un moteur. Certains ont même été extrêmement loin dans ce sens, voulant assimiler chacun de nos organes, aux diverses pièces qui constituent un moteur. Mais, sans être taxé d'exagération, on peut bien dire que ce rapprochement rend bien compte de phénomènes que nous concevrions difficilement sans lui. Ainsi, le télégraphe et le téléphone nous ont aidés à comprendre ce qui se passait dans les nerfs et la substance cérébrale, quand l'influx nerveux y passait ; les simples pompes aspirantes et foulantes nous ont fait voir comment le cœur pouvait accomplir sa fonction. Mais, surtout, le moteur automobile, comme le moteur à vapeur, nous permettent de mieux comprendre les phénomènes si complexes, qui constituent ce que l'on peut appeler la carburation physiologique.

L'énergie traverse l'organisme. Entre sa forme potentielle (chimique) d'entrée et sa forme cinétique (chaleur et travail) de départ, cette énergie est mise au service de l'organisme pour l'activité de ses divers tissus, de ses muscles, de ses glandes, de ses vaisseaux, de toutes ses cellules. Et, à cet égard, la différence entre les moteurs animés (homme) et les moteurs inanimés (machines), n'est pas si grande qu'on pourrait le croire. Ils dépensent tous de l'énergie, avant de

pouvoir travailler utilement : c'est l'effet Joule du moteur électrique, la fuite du moteur à eau, la chaleur perdue par le moteur à vapeur, le travail physiologique intérieur qui maintient les muscles dans une position de repos pour le moteur humain. Et, c'est parce que tous les moteurs dépendent de l'énergie avant d'être en état de travailler utilement, qu'ils ont un rendement mécanique.

Ainsi donc, pour tout moteur on est amené à admettre trois dépenses affectées :

- au travail mécanique ;
- au soutien de charge ;
- à la création de vitesse.

Il y a même une quatrième dépense, une énergie stérile, propre à mettre le moteur à vide, au seuil du fonctionnement. De sorte que Chauveau avait pu écrire :

$$\text{Dépense totale} = \text{travail} + \text{énergie de soutien} \\ + \text{énergie de vitesse} + \text{énergie stérile}.$$

Cette justification de la dépense qui avait été faite pour le moteur électrique par Chauveau lui-même et sur le moteur à eau par Weis, peut aussi être appliquée au moteur vivant ; Weis et Lefèvre l'ont prouvé. On sait, en effet d'avance, que la dépense est proportionnelle aux forces créées par le muscle et que ces forces de repos, de vitesse, de soutien s'ajoutant, leurs dépenses s'ajoutent également.

Mais le moteur humain possède un automatisme que n'ont pas les moteurs inanimés. A mesure que la machine animale travaille, elle se répare intégralement, épuisant ses réserves, dégageant de la chaleur, formant des excréta. Les réserves doivent donc être régénérées, la chaleur et les excréta éliminés par une irrigation sanguine proportionnée. Pour effectuer l'indispensable réparation, l'activité et l'intensité respiratoire et circulatoire sont triplées, quintuplées et au delà, par excitation centrale. Normalement les pertes de combustible sont ainsi réparées, la chaleur est éliminée, la température se fixe ; le muscle lavé élimine les déchets de la combustion et reprend ou entretient son équilibre osmotique ; l'oxygène neutralise les matières toxiques ; enfin les tissus eux-mêmes produisent des antitoxines.

Une autre caractéristique des moteurs animés est que les mouvements dont ils sont doués, peuvent se classer en deux catégories : les uns instinctifs comme les battements du cœur, le jeu des poumons, etc., sont ceux qui constituent la vie, les autres volontaires sont ceux par lesquels l'homme peut à son gré se mouvoir, assurer et défendre son existence, produire des efforts, exécuter différents travaux. Ces derniers mouvements constituent pour les moteurs animés des avantages considérables ; ils leur permettent un déplacement facile et un mode d'action très variable avec les cir-

constances de leur emploi. Ainsi, l'homme peut varier à l'infini son mode d'action ; il peut monter, descendre, transporter des fardeaux, pousser et tirer sous un angle quelconque, exercer son effort sur des machines et enfin agir par son propre poids. Mais, à côté de ces immenses avantages, les moteurs animés ont aussi de graves inconvénients ; en effet, leur action ne peut être continue et doit être coupée par des intervalles de repos et, à fatigue égale, l'effet utile varie beaucoup avec le travail exécuté.

Ainsi donc, bien que doué d'une spontanéité que ne possèdent pas les mécanismes que nous créons, le fonctionnement de notre corps peut être avantageusement comparé à celui d'une machine ; nous pourrions suivre ainsi plus facilement les diverses études de la carburation physiologique.

Tous les phénomènes qui constituent la carburation physiologique peuvent, en définitive, être résumés par l'équation suivante :

Produits d'assimilation + oxygène actif = produits de désassimilation + CO^2 + énergie (travail).

Cette transformation des produits d'assimilation en produits de désassimilation, qui fournit à l'organisme son énergie, se passe au niveau même des cellules. Mais, il convient d'étudier brièvement, tout d'abord, ce que l'on pourrait appeler les phénomènes préparatoires de la carburation physiologique ; ceux-

ci sont constitués par les différentes transformations que subissent les aliments, avant de devenir les albumines spécifiques, qui seules peuvent être utilisées et assimilées par l'organisme. Et, après l'étude de la carburation physiologique proprement dite, il sera intéressant de décrire les principaux facteurs qui permettent à l'homme d'avoir une bonne carburation : l'alimentation et l'exercice.

PHÉNOMÈNES PRÉPARATOIRES
DE LA
CARBURATION PHYSIOLOGIQUE

Dans la bouche.

Dès leur arrivée dans la bouche, les aliments vont être en partie modifiés. La salive secrète en effet un ferment soluble la ptyaline ; sous l'influence de cette dernière, l'amidon est transformé en dextrine, puis en maltose, sucre réducteur et dextrogyre. Mais les aliments séjournent peu de temps dans la bouche ; aussi l'action de la ptyaline n'a guère le temps de s'exercer profondément.

Estomac.

Une fois déglutis, les aliments forment dans l'estomac une pâte qu'on nomme chyme ; ce dernier est acide et a une composition fort complexe. Il contient en effet : des aliments féculents qui ont subi un commencement de transformation dans la bouche et dont la saccharification peut se continuer dans l'estomac, sous l'action de la salive déglutie, des graisses, sur lesquelles le suc gastrique ne paraît avoir aucune

action digestive, des albuminoïdes avec leurs produits de transformation, de l'eau et des sels, du glucose, de l'acide lactique, des gaz qui proviennent, en partie de l'air dégluti avec la salive, et en partie des fermentations intra-stomacales.

Une seule catégorie d'aliments est transformée par le suc gastrique ; ce sont les albuminoïdes. Le suc gastrique renferme en effet un ferment, la pepsine, qui agit sur les matières albuminoïdes : fibrine, albumine, caséine, etc., et les transforme en protéoses et peptones, qui ont des propriétés différentes de celles des albumines originelles. Il se produit d'abord de la syntonine ou acidalbumine, que l'on peut précipiter par neutralisation de la solution, puis des albumoses ou protéoses, et enfin des peptones vraies. De plus, par une digestion prolongée, il se forme aussi des polypeptides et des acides aminés libres, mais en très petite quantité, ce qui constitue une différence essentielle entre le travail d'hydrolyse de la pepsine et celui de la trypsine. En ce qui concerne les nucléo-albumines, il reste toujours après la digestion gastrique, un résidu non dissous formé essentiellement de nucléines.

Dans le duodénum.

C'est dans le duodénum que vient se déverser le suc pancréatique ; celui-ci, qui est particulièrement actif,

agit sur les trois grands groupes d'aliments : matières albuminoïdes, féculents et graisses.

Son action peptique sur les albuminoïdes est due à la trypsine ; comme la pepsine, elle transforme les albuminoïdes en peptones. Mais son mode d'action est différent de celui de la pepsine ; tandis que cette dernière n'agit qu'en milieu acide, la trypsine a un pouvoir digestif maximum dans un milieu neutre ou alcalin. De plus, la digestion des albuminoïdes ne s'arrête pas au stade de peptones ; mais une partie des peptones formées est décomposée en acides aminés : leucine, tyrosine, tryptophane, cystine, etc. Donc, la dislocation de la matière protéique qui commence dans l'estomac, sous l'influence de la pepsine, se continue dans le duodénum, grâce à l'action de la trypsine ; elle se complète, comme nous le verrons plus loin, dans l'intestin dont le suc digestif renferme l'érepsine.

Sur les féculents, le suc pancréatique possède la même action que la salive ; mais cette action est beaucoup plus énergique et se fait sentir plus longtemps. C'est grâce à un ferment diastasique qui est analogue à la ptyaline et que l'on nomme amylopepsine, qu'il transforme les féculents, d'abord en dextrine, puis en maltose.

L'action du suc pancréatique sur les graisses est double : émulsion et saponification. Il dédouble les graisses neutres en glycérine et acides gras ; une partie

des acides gras ainsi formés est émulsionnée ; l'autre partie se combine avec des alcalis du suc pancréatique, et de la bile et donne des savons ; et ces derniers, par leur présence, augmentent considérablement le pouvoir émulsionnant du suc pancréatique. Ce dédoublement des graisses est dû à l'action d'un ferment soluble, appelé stéapsine, saponase ou lipase.

C'est aussi dans le duodénum que vient se déverser la bile ; celle-ci possède une seule action digestive ; elle émulsionne les graisses, mais cette émulsion n'est pas stable comme celle que forme le suc pancréatique. Toutefois les acides gras mis en liberté par l'action du suc pancréatique sur les graisses, peuvent s'unir aux alcalis de la bile, en décomposant les sels biliaires. Or, le mélange des savons ainsi formés et des acides biliaires mis en liberté, est doué d'un pouvoir émulsionnant énergique. Enfin la bile renforce le pouvoir des ferments ; par là, elle a une action adjuvante sur le suc pancréatique.

Dans l'intestin grêle.

Arrivés dans l'intestin, les aliments ne sont pas encore tous assimilables ; aussi celui-ci va-t-il parfaire leur digestion, grâce au suc intestinal que secrètent ses glandes.

Le suc intestinal possède la propriété d'intervertir le sucre de canne, qui n'est pas assimilable, et de le

dédoubler en glucose et lévulose, sucres que l'organisme peut utiliser. Il peut aussi dédoubler le maltose, sous l'action d'un ferment, la maltase.

Les peptones qui se sont formées dans l'estomac et dans le duodénum, voient leur digestion se poursuivre dans l'intestin, où, sous l'influence de l'érepsine, elles sont dédoublées en acides aminés. On admet actuellement que l'érepsine joue un très grand rôle dans la dislocation de la molécule albuminoïde et l'absorption de ses fragments. L'érepsine complète l'action de la pepsine et de la trypsine.

Le suc intestinal intervient aussi dans la digestion des nucléo-protéides. L'acide nucléique a en effet résisté à l'action de la pepsine et de la trypsine ; il est dédoublé par le suc intestinal qui renferme un ferment, la nucléase ; il fournit, sous l'action de cette dernière, des bases puriques.

L'action du suc intestinal s'exerce d'ailleurs aussi bien dans le duodénum que dans l'intestin grêle ; et le suc pancréatique a un pouvoir protéolytique actif, seulement lorsque, sous l'influence de l'entérokinase que renferme le suc intestinal, le trypsinogène inactif du suc pancréatique a été transformé en trypsine active.

Dans le gros intestin.

C'est dans le gros intestin que se termine la digestion. L'eau et les matières assimilables y achèvent

leur résorption. Quant au reste du chyme, constitué de matériaux inaptes à l'assimilation, de déchets, il se concentre et prend les caractères des excréments ; et ceux-ci, ne pouvant être d'aucune utilité à l'organisme, vont être résorbés.

Dans le gros intestin, la bile se décompose et parmi les produits de sa décomposition : matières colorantes, urobiline, taurine, glycocolle, acide cholalique, cholestérine, les uns sont résorbés en partie par l'intestin, les autres rejetés dans les fèces. En outre de ces substances d'origine biliaire, les excréments contiennent encore les produits de la putréfaction bactérienne des albuminoïdes (phénoï, indol, scutol, acides gras volatils), des matières qui sont restées inattaquées par les sucs digestifs (telles que le tissu élastique), des aliments qui ont échappé à la digestion (fibres musculaires, graisses, en faible proportion toutefois chez l'homme sain), des sels, des débris épithéliaux et des microorganismes en très grand nombre. Les fèces contiennent aussi des gaz, dus à des fermentations causées par des microorganismes inférieurs.

Absorption digestive.

Leur digestion terminée, les aliments sont donc devenus assimilables. Mais, avant de pouvoir servir à l'organisme à réparer ses pertes et à produire de l'énergie, ils doivent passer dans le sang, pour être trans-

portés aux diverses cellules de notre corps. Ce passage des aliments assimilables à travers les parois de l'estomac et surtout de l'intestin, constitue ce qu'on a appelé l'absorption digestive.

La muqueuse stomacale constitue une surface d'absorption assez développée; et, de fait, cette muqueuse absorbe une partie des produits de la digestion.

Mais c'est dans l'intestin et plus particulièrement dans l'intestin grêle que l'absorption est la plus active. La muqueuse intestinale est hérissée de petites saillies au nombre de plusieurs millions; ce sont les villosités. Elles sont constituées par une petite élévation du derme de la muqueuse et formées, par conséquent, de tissu conjonctif réticulé; dans ce dernier, se trouvent quelques fibres musculaires lisses, qui font que les villosités sont contractiles. Chacune de celle-ci forme, au centre, un tube qui est fermé en coecum du côté intestinal; du côté de la profondeur de la muqueuse, il se continue au contraire avec les vaisseaux lymphatiques. Ce tube forme le chylifère central et représente l'origine des chylifères. Autour de ce tube, se trouvent les vaisseaux sanguins qui sont, par conséquent, plus superficiels. Les villosités sont recouvertes par l'épithélium intestinal qui est formé d'une seule couche de cellules cylindriques; ces cellules, par leur partie profonde effilée en pointe, s'insèrent sur le derme de la

muqueuse ; leur surface libre est recouverte d'un plateau finement strié. Certains histologistes voient dans les stries de ce plateau de fins canalicules ; pour d'autres, et c'est l'opinion la plus admise, ces stries seraient des lignes d'accolement de prolongements protoplasmiques, analogues aux prolongements des cellules à cils vibratils. Ce sont ces cellules épithéliales qui sont les véritables organes de l'absorption ; en effet, si expérimentalement on enlève ces cellules, l'absorption ne peut plus se faire et il se produit au contraire une exsudation du sérum sanguin dans la cavité abdominale.

Si l'absorption se fait surtout au niveau de l'intestin grêle, le gros intestin constitue tout de même lui aussi une importante surface absorbante.

Maintenant que nous connaissons les organes de l'absorption, il faut voir comment sont absorbés les divers aliments et leurs produits de transformation.

L'eau et les sels solubles qu'elle renferme sont absorbés très facilement et avec rapidité. Il en est de même pour les hydrates de carbone, qui ont été transformés en sucres assimilables : glycose et lévulose et qui se sont dissous dans l'eau.

Pour ce qui est des matières albuminoïdes, leur absorption n'est pas un phénomène aussi simple. Les peptones sont très dialysables ; on devrait donc en trouver en quantité importante dans le sang, pendant

la digestion ; or, l'expérimentation a montré qu'il n'en apparaît pas en quantité appréciable dans le sang. Cela vient tout d'abord, de ce que la muqueuse intestinale a la propriété de les arrêter au passage, et de les transformer en albumine, ainsi que l'ont démontré les travaux de Neumeister, Hofmeister, Salvioli, etc. Cela tient aussi au fait que l'érepsine dédouble les protéoses et les peptones en acides aminés. Il semble donc que les acides aminés sont le terme ultime de la digestion des protéiques, et que ce soit avec eux, et non avec les peptones, que la muqueuse intestinale réédifie la molécule albuminoïde.

Sous l'influence des travaux de Conheim, Abderhalden, Fischer, etc. on tend en effet à admettre que la digestion pousse la dislocation de la matière albuminoïde, jusqu'au stade polypeptide et acides aminés.

La muqueuse intestinale doit opérer la synthèse des produits de digestion des protéides ; elle reconstitue avec eux la molécule albuminoïde et fabrique ainsi des protéiques spécifiques du sang de l'homme, en unissant de nouveau ces matériaux. Quant au procédé suivi par l'organisme pour réaliser cette synthèse de la molécule d'albumine, il nous est totalement inconnu. Nous avons vu les matières protéiques se fragmenter en molécules plus petites, sous l'influence de ferments digestifs : pepsine, trypsine, érepsine, il est probable que dans la synthèse des albumines spécifi-

ques, interviennent aussi des actions diastasiques.

Si l'on regarde au microscope les villosités intestinales, on voit qu'elles sont bourrées de fines granulations graisseuses; celles-ci infiltrent le protoplasme des cellules épithéliales et les mailles du tissu conjonctif de la villosité, pour aboutir au chylifère central. C'est pourquoi, se basant sur cet aspect, beaucoup d'auteurs ont pensé que la graisse était absorbée à l'état d'émulsion; mais il est difficile d'expliquer comment les gouttelettes graisseuses pénètrent dans le protoplasma des cellules épithéliales. Si l'on admet que dans le plateau des cellules, existent de fins canalicules, on peut penser que les globules graisseux passent à travers ces pores par capillarité; cela s'expliquerait d'autant mieux, que diverses expériences ont montré que la bile facilite cette pénétration. Mais, comme nous l'avons déjà vu, il semble probable que le plateau strié ne représente pas de fins canalicules, mais seulement des lignes d'accolement de prolongements protoplasmiques; on explique alors le passage des gouttelettes graisseuses dans les villosités, en disant que la cellule émet par sa surface libre des prolongements protoplasmiques, qui se comportent comme les pseudopodes de l'amibe, pour englober les granulations graisseuses et les faire pénétrer dans le corps cellulaire; mais cette hypothèse n'a pas été confirmée.

Toutes les difficultés que l'on a, pour expliquer le passage des gouttelettes graisseuses dans la villosité sont éludées, si l'on admet que la graisse est absorbée à l'état de savon, et que la muqueuse intestinale a la propriété de régénérer les graisses neutres aux dépens de ces savons. Cette théorie est rendue très vraisemblable par les faits ; en effet, l'expérimentation de plusieurs physiologistes a montré que, après introduction de savons dans une anse intestinale, les chylofères ne tardent pas à devenir laiteux ; or, le chyle ne contient que des graisses neutres ; il a donc fallu que ces savons soient transformés en graisses neutres par la muqueuse intestinale.

Donc, comme elle reconstitue l'albumine avec les acides aminés, la villosité intestinale opère la synthèse des graisses neutres aux dépens des savons ou de la glycérine et des acides gras.

Voies de l'absorption digestive.

Les substances absorbées arrivent dans le torrent circulatoire, soit directement par la veine porte, soit indirectement, et par l'intermédiaire des chylofères, dans la veine sous-clavière gauche ; en effet, les chylofères se réunissent tous en quelques troncs qui forment l'origine principale du canal thoracique ; celui-ci s'abouche dans la veine sous-clavière gauche. La veine porte est formée par la réunion des capillaires de l'esto-

mac, de l'intestin, de la rate, du pancréas ; arrivée au niveau du foie, elle se capillarise à nouveau, avant de déverser son sang dans la veine cave inférieure.

Les chylifères constituent la principale voie d'absorption de la graisse ; ils absorbent aussi l'eau et les sels, mais en faible quantité.

La majeure partie de l'eau et des sels est absorbée par les radicules de la veine porte ; c'est aussi par là que passent les matières albuminoïdes et le glycose ; et, avant d'être livrées à la circulation générale, toutes ces substances traversent le foie.

Par la digestion, les aliments sont devenus assimilables ; par l'absorption, ils ont pu traverser la muqueuse intestinale et gagner la circulation générale ; ils se trouvent donc maintenant à pied d'œuvre et les cellules de l'organisme vont pouvoir les utiliser selon leurs besoins, en les brûlant, grâce à l'oxygène dont le sang s'est chargé au niveau des poumons ; c'est ce phénomène qui constitue la carburation physiologique proprement dite.

CARBURATION PHYSIOLOGIQUE PROPREMENT DITE

Siège des combustions.

Nous avons laissé supposer que les oxydations se passent dans l'intimité même des tissus. Ce n'était pas l'opinion de Ludwig et de ses élèves, pour qui le siège des combustions se trouve dans le sang, au niveau des capillaires ; pour eux, les éléments anatomiques baignés par le sang fournissent à ce liquide les corps qui doivent subir la combustion. Mais, il est prouvé actuellement, que le siège des combustions est bien dans les tissus, et que pour cela, l'oxygène et le gaz carbonique doivent passer par osmose à travers les parois des capillaires. En effet, le sang ne consomme que fort peu d'oxygène ; l'analyse montre que l'aorte et les artérioles en renferment approximativement la même quantité ; le sang est donc un dépositaire fidèle de l'oxygène. De plus, non seulement le sang conserve longtemps son oxygène lorsqu'il est extrait des vaisseaux, mais encore il ne brûle que lentement les substances facilement oxydables (glycose, urate de soude)

qu'on y ajoute. Tout cela tend donc à prouver que la combustion se passe bien dans les tissus et non dans le sang.

Le passage de l'oxygène du sang dans les tissus et le passage inverse du gaz carbonique s'expliquent par la différence de tension de ces gaz. Dans le sang artériel des capillaires, la tension de l'oxygène est de 100 mm. Hg., tandis que la tension de gaz carbonique n'est que de 40 Hg. Pour ce qui est des tissus, on ne saurait en évaluer directement la tension gazeuse ; mais il est certain que la tension de l'oxygène doit y être très faible, tandis que celle du gaz carbonique doit y être relativement élevée et doit suffire à faire passer ce gaz dans le sang. De plus, l'enrichissement du sang en gaz carbonique accélère la vitesse avec laquelle l'oxyhémoglobine abandonne son oxygène, et facilite par là le passage de ce gaz dans les tissus ; la présence dans le sang d'autres produits acides provenant de la dessassimilation, comme l'acide lactique, a la même action. Inversement, l'arrivée d'oxygène aux tissus, favorise le départ de gaz carbonique. La consommation d'oxygène par les tissus est réglée, suivant une loi formulée par Pflüger, non par la quantité d'oxygène offerte aux tissus, mais par le besoin variable des tissus, suivant leur activité chimique. Donc, l'apport d'oxygène aux tissus augmente dans une mesure considérable lorsqu'un organe travaille.

Théories de la combustion respiratoire.

Toutes les oxydations que nous observons dans la nature exigent des températures très élevées ; de même la combustion des aliments, en dehors de l'organisme, ne peut se produire qu'à de hautes températures. Comment donc expliquer les phénomènes de combustion qui se passent dans l'organisme, à la température de celui-ci ?

C'est là un problème très difficile et qui est loin d'être résolu. Il faut remarquer tout d'abord, que ce que l'organisme brûle n'est pas de l'albumine, de la graisse ou du sucre mais bien des produits qui en dérivent et de constitution chimique plus simple. La vie dans la profondeur des tissus est anaérobie, comme l'a dit A. Gautier, et les premières réactions dans les processus de la dessassimilation donnent naissance à des produits de dédoublement ; les oxydations n'interviennent qu'en second lieu, pour achever la dégradation de ces substances.

De plus, l'expérience montre que l'organisme ne peut pas brûler n'importe quelle substance oxydable ; c'est ainsi que le phosphore, qui est pourtant un corps très oxydable, peut le traverser sans subir l'oxydation ; de même, parmi les corps d'un même groupe et très voisins, stéréoisomères, mais à pouvoir optique différent, les uns sont brûlés par lui, tandis que les autres

ne le sont pas. Pour que l'oxydation se produise dans l'organisme, il faut donc qu'il y ait un certain rapport entre la structure chimique des substances oxydables et celle de la substance vivante : cela fait penser aussitôt à l'existence, au niveau des cellules, de diastases ayant une action spécifique.

Malgré cela, il ne faudrait pas croire qu'il y a une différence fondamentale, entre les processus d'oxydation dans l'organisme et ceux qui ont lieu dans la nature inanimée. Dukin insiste sur ce que l'on peut, *in vitro* et à la température ordinaire, réaliser à l'aide de catalyseurs inorganiques, l'oxydation de maintes substances, avec formation entre le corps initial et les produits terminaux de toute une série de corps intermédiaires, comme cela se passe précisément *in vivo* ; et il fait ressortir l'importance énorme du rôle de l'eau dans les processus oxydatifs, car certaines oxydations très simples exigent pour se produire la présence de l'eau et nullement celle de l'oxygène libre.

C'est en tenant compte de ces faits, qu'on a édifié des théories s'efforçant d'expliquer ce qui se passe au niveau des cellules, au moyen des réactions chimiques observées expérimentalement. La théorie la plus en vogue est celle des peroxydes développée surtout par Buch et Chodut. On admet que l'oxygène peut exister sous deux formes : l'oxygène moléculaire (O^2) et l'oxygène atomique (O) ; l'oxygène moléculaire n'a à

la température ordinaire aucun pouvoir oxydant ; mais il n'en est pas de même de son atome ou ion (O), dont l'affinité pour les substances difficilement combustibles est très grande ; on suppose que l'état actif de l'oxygène sous cette forme est en rapport avec ses charges électriques. Or, il existe des substances que l'on appelle auto-oxydables, qui, en fixant l'oxygène moléculaire, passeraient à l'état de peroxydes ; la fixation d'oxygène par ces substances se ferait sous l'influence de catalyseurs dits oxygénases. A leur tour, les peroxydes ainsi formés, pourraient être décomposés ; cette décomposition amènerait la mise en liberté d'oxygène actif, qui pourrait se combiner immédiatement et à la température ordinaire avec un corps difficilement oxydable mis à son contact. Et, de même que la formation du peroxyde se passerait sous l'influence de catalyseurs (oxydases) ; de même dans la décomposition du peroxyde interviendraient d'autres catalyseurs, soit organiques (on les appelle alors peroxydases), soit inorganiques, comme certains métaux, tels le fer, le manganèse.

On a essayé par diverses expériences de prouver l'existence dans l'organisme de ces catalyseurs. Tout le monde sait, les chimistes en particulier, que le peroxyde d'hydrogène ou eau oxygénée peut exécuter *in vitro* l'oxydation de diverses substances, de la même manière que l'organisme la pratique. On a ainsi pu

démontrer, qu'il existe dans tout l'organisme une substance, la catalase, qui décompose le peroxyde d'hydrogène ; c'est cette substance qui fait que lorsqu'on met de l'eau oxygénée sur du sang ou sur une plaie, on observe une mousse abondante ; seulement l'oxygène ainsi libéré est de l'oxygène moléculaire inactif. La décomposition de l'eau oxygénée se produit selon l'équation chimique :



Mais, on a pu aussi démontrer qu'il existe dans divers tissus une peroxydase, qui décompose l'eau oxygénée avec dégagement d'oxygène actif, suivant l'équation chimique :



La démonstration en a été faite au moyen de réactions très simples, comme le changement de couleur que subissent certaines substances, par oxydation. C'est ainsi que pour ne citer qu'un exemple, si l'on met en contact une solution de teinture de gaïac et un peu d'eau oxygénée et qu'on y ajoute une trace d'un catalyseur, l'eau oxygénée se décompose et libère de l'oxygène actif, ce dont témoigne la solution de teinture de gaïac qui, par oxydation, devient immédiatement bleue.

Les substances dites oxydases vraies ou directes,

qui sont capables de prendre directement l'oxygène de l'air pour le transporter sur des substances difficilement oxydables, n'agissent probablement aussi, que sous l'influence d'un peroxyde instable, qui reste l'agent essentiel de l'oxydation. La nature nous fournit de nombreuses observations de ce genre. C'est ainsi que dans l'arbre à laque, existe un peroxyde, la laccase, formée par l'association d'un métal catalyseur le manganèse, avec une substance organique colloïdale ; c'est par l'intermédiaire de la laccase, que le latex durcit et noircit au contact de l'air, par oxydation d'une substance phénolique, le laccol. Autre exemple : celui de la tyrosinase qui oxyde la tyrosine ; c'est à cette oxydation qu'est due la coloration noire que prend, à l'air, la tranche de section d'une pomme de terre. Tout ce que l'on observe dans la nature est donc en faveur de cette théorie des peroxydes. Malheureusement, on n'a jamais pu isoler de nos tissus aucune oxydase, capable de brûler *in vitro* les substances alimentaires.

En réalité, le pouvoir oxydant des cellules paraît lié sinon à l'état de vie, du moins à la structure moléculaire des édifices colloïdaux du protoplasma. Ce pouvoir disparaît lorsque cette structure est détruite, que ce soit par des agents mécaniques : broyage, pression, ou par des agents chimiques. Par contre, une fixation du protoplasma par certaines substances

comme l'acétone, suivie d'une dessiccation rapide, ne bouleverse pas complètement la structure des cellules et peut laisser subsister en partie leur pouvoir oxydant ; dans ces conditions, même après leur mort, ces cellules se montrent capables de consommer de l'oxygène.

Wieland a proposé une autre théorie pour expliquer les oxydations organiques. Pour lui, c'est l'hydrogène fourni par l'eau qui a dans ces réactions le rôle fondamental. Pour lui, les oxydations et les réductions sont essentiellement des réactions réversibles ; l'hydrogène est ou retiré ou ajouté ; il y a soit deshydrogénation, soit hydrogénation. Tout ce que l'on peut dire, c'est que les processus d'oxydation et de réduction sont intimement liés l'un à l'autre ; il est bien certain que lorsque un corps gagne de l'oxygène (oxydation), il ne peut le faire que si un autre corps en perd (réduction). Dans beaucoup de cas, oxydations et réductions résultent de réactions couplées.

Dans ces dernières années, on a trouvé un nouveau corps, le glutathion, qui paraît être l'analogue de ce que Rey-Pailhade avaient déjà étudié sous le nom de philothion, et qui doit jouer un rôle très important dans l'oxydation. Ce corps, qui est un tripeptide, formé par l'unisson de l'acide glutamique et du glycocole avec la cystine ou cystéine, a été isolé de la matière vivante et identifié par Hopkins. C'est le type de ce que l'on a appelé les corps tampons ; il peut, en effet, s'emparer

de l'oxygène de l'air, ou agir au contraire comme accepteur d'hydrogène et ainsi catalyser des réactions d'oxydation ; il se présente en effet dans l'organisme sous deux formes : l'une réduite renfermant le groupement SH ; l'autre oxydée, qui renferme le groupe S=S. Il est donc probable que les composés sulfurés de la cellule jouent un rôle catalytique de premier ordre dans les processus d'oxydation.

« En résumé, on pourrait admettre avec Hédon, comme hypothèse provisoire que, dans les cellules, certains groupements cellulaires du protoplasma auto-oxydables, fixent grâce à des catalyseurs, l'oxygène moléculaire qui leur est fourni par le sang ; que lorsque leurs affinités sont ainsi suturées, ils se comportent comme des peroxydes dégageant, sous l'action catalytique de peroxydases, de l'oxygène actif, à haut potentiel, capable de brûler les substances difficilement oxydables qui lui sont offertes ; tandis que lorsque leurs affinités ne sont pas saturées, ils se comportent comme des agents réducteurs. L'existence, côte à côte dans la cellule, de deux processus, oxydation et réduction, n'est en tout cas point douteuse.

Désassimilation.

La carburation physiologique des aliments ne se fait pas en une seule étape. Pour arriver au terme final de la combustion, ceux-ci passent par toute une série

de corps intermédiaires ; c'est l'ensemble de ces diverses réactions chimiques qui constitue la désassimilation. Et, de même que l'essence en se décomposant fait marcher le moteur de l'automobile, de même la désassimilation est liée au fonctionnement des organes et au dégagement de force vive. Nous allons entrer un peu dans le détail de cette désassimilation, selon les trois grandes catégories d'aliments.

Les hydrates de carbone arrivent dans le torrent circulatoire sous forme de glycose, comme nous l'avons déjà vu. Mais ce glycose n'est pas directement utilisé et brûlé par les cellules ; il est d'abord transformé en glycogène, ou amidon animal, qui est mis en réserve dans différents organes, principalement dans le foie, comme l'ont si bien démontré les célèbres expériences de Claude Bernard sur la fonction glycogénique du foie, mais aussi dans les muscles, et même dans les épithéliums et beaucoup d'autres tissus. Il est ensuite retransformé en glycose et cela suivant les besoins de l'organisme. Mais il faut aussi savoir que tout le glycogène ne provient pas des seuls hydrates de carbone. les albumines peuvent aussi par différentes transformations, donner du glycogène.

Qu'il provienne des hydrates de carbone, comme c'est le cas le plus fréquent, ou des albuminoïdes, le glycose est oxydé dans les tissus au fur et à mesure de leurs besoins ; ces oxydations sont particulièrement

importantes dans les muscles, puisque ce sont eux qui font fonctionner l'organisme. Les produits ultimes de leur combustion sont de l'eau et du gaz carbonique ; mais avant d'en arriver là, ils passent par toute une série de corps intermédiaires ; or, il serait intéressant de connaître les différents produits du métabolisme de ce glycose ; mais on est mal fixé sur leur nature ; la seule étape dans sa dégradation qui soit établie avec quelque certitude est l'acide lactique.

La graisse forme dans l'organisme à la fois un combustible important, puisque c'est l'aliment dont un gramme fournit le plus de calories, et une matière de remplissage. On la trouve sous forme de gouttelettes dans différents liquides organiques : chyle, sang, lait ; dans diverses cellules, elle constitue des enclaves et est emprisonnée dans le cytoplasme. De plus, à côté de ces deux formes que l'on peut déceler au microscope, la graisse existe aussi dans l'organisme à l'état dissimulé, intimement unie au protoplasma cellulaire dont on ne peut pas l'extraire par ses solvants ordinaires, si l'on n'a pas détruit au préalable le cytoplasme par une digestion peptique ; c'est ce que l'on appelle graisse de constitution de la matière vivante ou graisse protoplasmique.

Les graisses proviennent pour la plus grande part des aliments gras, mais il est certain que l'organisme peut aussi fabriquer des graisses aux dépens des hydrates de

carbone, bien que le mécanisme de cette transformation soit encore obscur. On a même prétendu que la graisse pouvait se former aux dépens des protéiques, mais jusqu'à présent, cela n'a jamais été démontré.

Une petite quantité des graisses est éliminée en nature sans avoir été oxydée, par diverses sécrétions : glandes sébacées, glande mammaire, mais la plus grande partie est brûlée par l'organisme. De même que pour les hydrates de carbone, les produits ultimes de la combustion du corps gras sont de l'eau et du gaz carbonique. On connaît aussi assez mal toutes les transformations intermédiaires ; mais il est probable que les graisses sont d'abord dédoublées en glycérine et acides gras ; ceux-ci subissent à leur tour une série de simplifications et sont transformés en corps acétoniques : acide B. oxybutyrique, acide acéthylacétique-acétone. Ces corps acétoniques sont à leur tour brûlés et donnent de l'eau et du gaz carbonique. On s'explique ainsi facilement que, dans certaines déviations de la nutrition, principalement le diabète, par suite d'un trouble portant sur la combustion des corps gras, les produits de leur métabolisme intermédiaire s'accumulent dans le sang et passent en grande quantité dans les urines.

Les matières albuminoïdes de l'organisme se forment aux dépens de celles fournies par l'alimentation. Avec elles, l'organisme fabrique les différentes sortes

d'albumines spécifiques dont il est composé : protéiques du sang, myosine du muscle, osséine de l'os, chondrine du cartilage, gélatine du tissu cellulaire, etc. Cette synthèse de la matière protéique ne se limite pas en effet à la paroi intestinale ; elle se fait partout dans l'organisme ; et les cellules des tissus prendraient directement dans le sang les acides aminés qui leur conviennent.

Si l'on ne tient pas compte de l'organisme en croissance, chez lequel une partie de l'albumine ingérée prend part au développement des organes, chez un adulte, tout l'azote des albuminoïdes ingérés reparaît intégralement dans les excréta ; car, chez lui, l'équilibre azoté est atteint. Il s'en suit que l'azote ne fait que traverser le corps et ne s'y fixe pas. Même si on ingère une quantité très importante d'azote, quantité bien supérieure à celle dont a besoin l'organisme, on retrouve dans les excréta tout l'azote des ingesta.

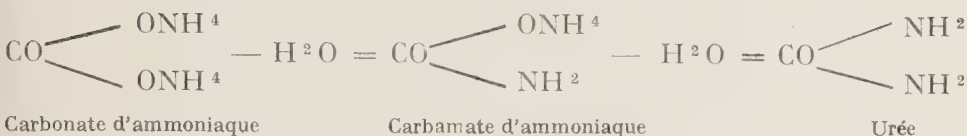
Les termes ultimes de la désassimilation des hydrates de carbone et des graisses étaient de l'eau et du gaz carbonique ; pour ce qui est des albuminoïdes, ils sont bien plus nombreux. Les termes ultimes de l'utilisation du carbone et de l'hydrogène de sa molécule sont aussi l'eau et le gaz carbonique ; mais elle fournit de plus, en se décomposant, des corps incomplètement oxydés qui renferment l'azote et le soufre de sa molécule. Le gaz carbonique s'élimine par la voie pulmonaire. Les

autres produits de la désassimilation des albuminoïdes sortent au contraire de l'organisme par les reins ; les corps azotés s'éliminent surtout sous forme d'urée, qui contient presque tout l'azote de la molécule d'albuminoïdes détruite et par des corps similaires : la créatine et les dérivés de la purine (acide urique, bases xanthiques) ; les produits sulfurés sont rejetés sous forme de sulfates, d'acides sulfo-conjugués et de divers autres corps tels que la taurine.

La désassimilation des nucléo-protéïdes donne des bases puriques (xanthine, hypoxanthine, guanine, adénine) et de l'acide urique. L'acide phosphorique qui prend naissance dans le dédoublement des nucléïnes, est principalement éliminé par l'urine à l'état de phosphate.

On connaît mal les différents stades de transformation de la molécule d'albumine, mais il est probable qu'elle subit une série de transformations, qui la scindent en groupes atomiques de plus en plus simples, elle se transformerait d'abord en acides aminés ; ensuite, ceux-ci perdraient leur azote sous forme d'ammoniaque ; on a donné à cette réaction le nom de désamination ; l'ammoniaque s'unirait alors au gaz carbonique pour former du carbonate d'ammoniaque, qui, par perte d'eau, donnerait du carbamate d'ammoniaque ; et celui-ci, à nouveau par une simple

déshydratation, se transformerait en urée; cette réaction se passerait surtout au niveau du foie.



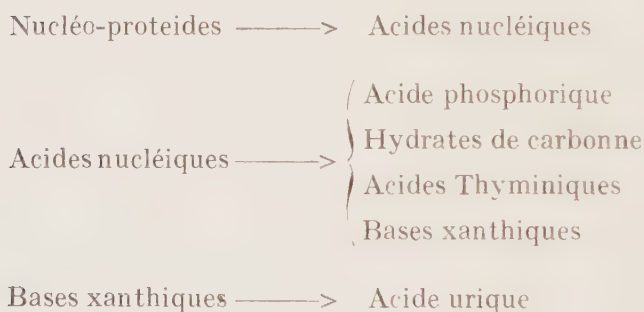
Les acides aminés amputés de leur azote deviennent de simples acides gras; ces acides gras sont pour la plupart brûlés, comme nous l'avons déjà vu, donnant enfin de compte de l'eau et du gaz carbonique; les autres arrivent au même point après avoir été transformés en sucres par une opération de synthèse.

A cette théorie de la désamination, on peut faire une grave objection; en effet on n'a jamais trouvé d'ammoniaque dans le sang en quantité appréciable. C'est pour cela qu'on est actuellement tenté de revenir à l'ancienne théorie de l'oxydation directe de Hofmeister : l'urée sortirait directement des acides aminés; il y aurait oxydation, l'oxygène se fixant sur le carbone du complexe $\equiv \text{C-NH}^2$ et, en même temps, addition synthétique d'un groupement NH^2 .

De plus, il existe dans l'organisme un acide aminé, l'arginine, qui contient tout formé le groupe uréogène; il peut fournir de l'urée par une simple hydrolyse. Or, Dakin a trouvé dans le foie, la muqueuse intestinale et le rein, une diastase, l'arginase, qui dédouble l'argi-

nine en ornithine et urée. Une portion de l'urée se forme donc dans l'organisme par ce mécanisme ; mais il est évident que ce n'est qu'une toute petite partie qui a une telle origine.

Le métabolisme intermédiaire des nucléo-protéides consiste aussi en une série d'opérations d'hydrolyse et de désamination, qui simplifient progressivement la molécule. Fowel a donné le schéma suivant de leur désagrégation :



Les nucléo-protéides se transforment donc d'abord en acides nucléiniques, et ceux-ci, par décomposition, donnent des bases xanthiques qui finalement forment de l'acide urique qui s'élimine ; ce dernier est le produit terminal et spécifique de la désassimilation des nucléo-protéiques, et non un corps précédant l'urée dans les différentes étapes de l'oxydation des albumines, comme on le croyait autrefois. C'est pourquoi l'acide urique augmente dans l'urine non pas comme l'urée

par augmentation de la désassimilation des albumines en général, mais bien seulement quand il y a accroissement de la désassimilation des nucléo-protéines, c'est-à-dire des substances qui se trouvent dans les noyaux cellulaires.

Cette étude montre combien sont complexes les phénomènes de la désassimilation. Toutefois, on peut se rendre compte qu'en définitive, ils se ramènent tous à des réactions chimiques d'oxydation, analogues à celles que l'on observe dans les moteurs inanimés. Et c'est aussi, comme dans ces derniers, l'énergie que dégagent ces diverses réactions qui fait fonctionner le moteur humain.

PRINCIPAUX FACTEURS D'UNE BONNE CARBURATION

I. ALIMENTATION

Pour que le moteur d'une automobile ait une bonne carburation, la qualité de l'essence est un facteur de premier ordre ; si celle-ci est impure, il aura des ratés, il fonctionnera mal ; nous savons bien aussi qu'un mauvais dosage d'huile ou d'essence fournit une combustion incomplète. Il en est de même dans notre organisme. Il ne faut pas demander à la machine humaine un travail superflu et nocif, en lui ingurgitant des substances par trop inutiles ou encore des substances altérantes ; une telle alimentation peut engendrer bon nombre de maladies : gastrites, entérites, congestion du foie, manifestations arthritiques diverses, intoxications, etc. C'est ainsi qu'un excès d'aliments animaux donne par décomposition d'abondants produits putrides.

Même au repos, les combustions se poursuivent dans l'organisme ; certes, le moteur tourne, si l'on peut dire,

à petit régime ; mais, bien que faible, cette combustion est nécessaire et si elle s'arrêtait un instant, elle entraînerait la mort.

On a calculé qu'il se faisait ainsi une dépense journalière de 1.900 calories. A cette consommation de repos, il faut ajouter celle qu'entraîne le travail. Or, de même que les moteurs industriels, l'organisme n'utilise pas intégralement toute l'énergie que lui apporte l'alimentation ; il faut compter chez lui aussi avec le rendement ; on estime que ce rendement est environ de 20 % ; il peut d'ailleurs être amélioré par l'entraînement, et passer à 25 %, ou même être supérieur. Si l'on estime à 40.000 kilogrammètres le travail quotidien fourni par un individu faisant un travail modéré, le calcul montre qu'il lui faut : $\frac{40.000 \times 5}{425} = 470$ calo-

ries, soit environ 500 calories. Cet individu aura donc besoin journallement de 1.900 calories pour sa ration d'entretien, et de 500 calories pour sa ration de travail, soit au total 2.400 calories. Si, pour faire le calcul, on avait pris le chiffre de 35 calories par jour et par kgr. de poids corporel correspondant à la taille du sujet, on voit que l'on aurait trouvé sensiblement le même chiffre X ; en effet pour un homme moyen, devant d'après sa taille peser 70 kgr. on a : $35 \times 70 = 2.450$ calories.

Mais s'il s'agit d'un gros travailleur, comme ces

vigoureux ouvriers des chais du Midi étudiés par le Professeur Armand Gautier et qui fournissent un travail quotidien de 150.000 kilogrammètres, il faudra

une ration de travail de : $\frac{150.000 \times 5}{425}$ 1.761 calories,

soit en chiffre rond 1.800 calories ; cela fera une ration totale de : $1.900 + 1.800 = 3.700$ calories. En se basant sur le chiffre de 55 calories par kgr. de poids correspondant à la taille de l'individu, on arrive à peu près au même chiffre.

Entre ces deux rations, celle d'un petit travailleur et celle d'un gros travailleur, se place celle du travailleur moyen, que l'on calcule sur la base de 45 calories par kgr. du poids corporel que devrait avoir le sujet pour sa taille, soit pour un homme devant peser 70 kgr. $70 \times 45 = 3.150$ calories. On peut donc, pour les hommes devant peser 70 kgr., étudier trois catégories. catég. 1, travail modéré : $70 \times 25 =$ env. 2.500 calories catég. 2, travail modéré : $70 \times 35 =$ env. 3.200 — catég. 3, travail de force : $70 \times 45 =$ env. 3.900 —

On pourrait établir les mêmes tableaux pour des poids allant avec des tailles autres.

Des calculs ont montré que l'albumine dégage au gramme : 4 calories 8 ; les hydrates de carbone : 4 calories 2 et les graisses 9 calories 8. Mais une petite partie de la ration alimentaire passe inutilisée dans les fèces ; le déchet est de 5 % d'après Rubner et de 4,5 %

d'après Atwater. Pour évaluer l'énergie utilisable de la ration, les coefficients de chaleur indiqués plus haut sont donc trop élevés, et il a fallu leur substituer des coefficients dits pratiques, tenant compte de la perte d'énergie par déchets alimentaires ou autres. Atwater a proposé les chiffres suivants : pour les albumines : 3,68, pour les hydrates de carbone : 3,83, pour les graisses : 8,65. Mais, comme tous les calculs de l'énergie dépensée par l'organisme ne sont qu'approximatifs, on peut pour la commodité de la question, prendre les coefficients suivants : 4 pour les albuminoïdes, 4 pour les sucres, et 9 pour les graisses. Mais il ne faudrait pas croire qu'un organisme, qui a besoin de 3.600 calories, par exemple, peut en demander 1.200 à chaque catégorie d'aliments et manger par exemple : $\frac{1.200}{9} = 134$ gr. de graisse, $\frac{1.200}{4} = 300$ gr. de sucres et $\frac{1.200}{4} = 300$ gr. de matières albuminoïdes.

C'est que, il faut tenir compte non seulement de la quantité, mais aussi de la qualité des matières ingérées. Il faut non seulement que la ration soit suffisante, mais aussi qu'elle soit équilibrée ; or les trois catégories d'aliments n'ont pas exactement la même destination, et ne peuvent pas se substituer exactement les uns aux autres à égalité de calories.

Aux principes sucrés, l'organisme demande surtout

et directement son énergie de travail. Un organisme qui fournit un travail important, doit être plus riche en réserves hydro-carbonées qu'en réserves albumineuses ou grasses. Donc, pour la ration de travail, il faudra demander les calories nécessaires avant tout aux aliments sucrés. De plus, si l'organisme a un excès d'hydrates de carbone, si l'apport est supérieur aux besoins du moteur, il peut les transformer en matières grasses de réserve, peut-être même en matières albuminoïdes.

En ce qui concerne les albumines, le problème est tout à fait différent. Ce ne sont pas elles qui sont utilisées par l'organisme en travail, car l'élimination des produits de combustion azotée n'est pas sensiblement supérieure pendant le travail, à ce qu'elle est pendant le repos. Aussi, on n'a pas besoin d'augmenter la ration en albumine en considération du travail à produire. On estime qu'il suffit d'une ration quotidienne de 1 gr. d'albumine par kgr. de poids, soit 70 gr. pour l'individu normal pesant 70 kgr. On comprend très bien cela, si l'on considère que l'albumine est avant tout l'agent de la réparation plastique des cellules et des tissus; elle n'a donc qu'à réparer les fissures qui se font dans l'organisme par suite de son usure. Or, cette usure est extrêmement faible; la plupart des auteurs actuels la fixent à 1 gr. au plus par kgr. de poids convenant à la taille. Depuis quel-

ques années, de multiples expériences ont été faites ; elles ont montré que, quel que soit le genre de vie de l'individu, qu'il soit travailleur manuel ou sédentaire, ouvrier ou bureaucrate, on peut le maintenir en parfaite santé et en équilibre corporel parfait, à condition que l'apport alimentaire en sucres et en graisses soit adapté aux circonstances, en lui donnant 1 gr. d'albumine par kgr. corporel et par jour. Aussi, est-il apparu aux médecins et aux hygiénistes, que la ration quotidienne de viande, qui est le type des aliments azotés et dont les chiffres étaient primitivement fixés à 120 à 150 gr. par jour, que cette ration était certainement trop élevée pour les besoins de l'organisme et à la longue nuisible ; c'est certainement ce qui explique l'impressionnante extension des maladies de la nutrition dans notre société, dont l'alimentation est essentiellement carnivore.

Si, de toute évidence, les combustions de l'organisme augmentent en fonction du travail, ce n'est donc pas aux albumines qu'il faut demander le supplément de calories, mais aux autres substances alimentaires.

La combustion de ces 70 gr. d'albumine, qui en moyenne sont nécessaires chaque jour, se faisant avec un dégagement de 4 calories par gramme, l'énergie calorique ainsi produite est donc de : $70 \times 4 = 280$ calories.

Or, nous avons vu que, pour le corps au repos, il fallait 1.900 calories. Il reste donc à l'organisme à

trouver les 1.620 calories qui lui sont nécessaires au repos, pour entretenir sa chaleur ; ces calories, il les demandera aux deux autres catégories d'aliments : aux graisses et aux sucres.

On admet qu'il faut à l'organisme au repos 1 gr. de graisse par kgr., pour un homme dont le poids correspond à la taille ; pour un homme de 70 kgr., il en faudra donc 70 gr. Un gramme de graisse dégage en brûlant 9 calories, ce qui fait pour 70 gr. : $9 \times 70 = 630$ calories. Ce chiffre de 1 gr. par kgr. est d'ailleurs élastique ; il peut en effet, s'il est insuffisant, être compensé dans une certaine mesure par un supplément de matières sucrées ; si, au contraire, l'apport en matières grasses est supérieur aux besoins de l'organisme, l'excédent peut se transformer en matières sucrées.

Les 70 gr. d'albumine fournissent à l'organisme 280 calories ; les 70 gr. de graisses, 630 calories ; cela fait au total : $280 + 630 = 910$ calories. Il reste donc à trouver environ 1.000 calories pour la ration d'entretien de l'organisme. Ces 1.000 calories, ce sont les sucres qui les lui fourniront, et puisque 1 gr. de sucre dégage 4 calories, il faudra pour cela $\frac{1.000}{4} = 250$ gr. de matières sucrées.

La ration idéale de repos d'un homme normal pesant 70 kgr. sera donc : 70 gr. d'albumines, 70 gr. de graisses et 250 gr. de sucre.

Pour ce qui est de la ration de travail, c'est aux

matières sucrées qu'il faudra demander les calories nécessaires. En effet si l'organisme en travail dispose d'une quantité suffisante d'hydrates de carbone, c'est à eux qu'il fait appel, et non aux graisses ni à plus forte raison aux albumines. Et, si l'organisme se trouvant en juste équilibre de graisses, comme en juste équilibre azoté on ne veut pas qu'il les compromette, il faudra lui fournir une ration de travail composée de préférence d'aliments sucrés ; ce sont eux en effet que le muscle brûle d'abord lorsqu'il travaille. Or, si l'on se rappelle que le rendement du moteur humain est d'environ 20 %, il est évident que la ration de travail doit être supplémentée d'environ 5 fois le nombre de calories-sucre théoriquement nécessaires pour réaliser le travail demandé.

Nous avons vu que, pour un petit travailleur (catégorie 1), il fallait 2.500 calories ; soit $2.500 - 1.900 = 600$ calories pour sa ration de travail ; il faudra lui donner pour cela $\frac{600}{4} = 150$ gr. d'hydrates de carbone en supplément.

Pour le travailleur moyen, pesant 70 kgr., nous avons vu qu'il faut un total de 3.200 calories, soit $3.200 - 1.900 = 1.300$ calories pour sa ration de travail ; ce qui représente $\frac{1.300}{4} = 325$ gr. de matières sucrées.

Enfin pour le gros travailleur, 3.900 calories sont journellement nécessaires; il lui faut donc pour sa ration de travail : $3.900 - 1.900 = 2.000$ calories, qui seront fournies par $\frac{2.000}{4} = 500$ gr. d'hydrates de carbone.

Tout cela peut être résumé dans le tableau suivant, emprunté à L. Chauvois, *La machine humaine enseignée par la machine automobile*.

	Albumine	Graisses	Sucres
<i>Ration de repos :</i>	—	—	—
1.900 calories	70 gr.	70 gr.	250 gr.
<i>Catégorie 1 :</i>			
pour 2.500 cal.	70 gr.	70 gr.	$250 + 150 = 400$ gr.
<i>Catégorie 2 :</i>			
pour 3.200 cal.	70 gr.	70 gr.	$250 + 325 = 575$ gr.
<i>Catégorie 3 :</i>			
pour 3.500 cal.	70 gr.	70 gr.	$250 + 500 = 750$ gr.

Mais, il ne faudrait pas croire que ces valeurs sont d'une intransigeance absolue. Les graisses et les hydrates de carbone en particulier peuvent se remplacer dans une certaine mesure, l'excès de graisses donnant naissance à des hydrates de carbone et inversement. De plus, on peut faire entrer dans la ration journalière une certaine quantité d'alcool : de 40 à 80 gr. environ ; or on estime que l'alcool fournit environ 7 calories au

gramme ; l'énergie calorique fournie par l'alcool, pourra donc remplacer une quantité caloriquement équivalente d'hydrates de carbone. De plus, si utiles que soient ces notions pour réaliser un bon dosage de l'apport alimentaire du moteur humain, beaucoup d'autres facteurs interviennent dans le problème ; il faut tenir compte des conditions et des ressources du milieu, des usages et des goûts. C'est ainsi que les Abyssins sont végétariens, tandis que les gauchos des Pampas, qui sont presque exclusivement carnivores, ne s'en portent pas plus mal, et que les Esquimaux, qui sont des mangeurs de graisse, sont parfaitement adaptés à ce régime et souffriraient certainement d'un régime mixte ou végétarien. « Donnez, dit Gautier, à un Marseillais la bouillie au beurre ou le potage à la bière, à un Flamand, la soupe à l'ail, à un Parisien l'aïoli de Marseille ou le poisson séché à la vergne des pêcheurs de Dunkerque et vous provoquerez chez les uns et chez les autres, le dégoût et l'indigestion ». Donc la digestibilité, condition première de la bonne utilisation des aliments, dépend aussi de l'adaptation du tube digestif ; c'est ainsi que Nansen et Johansen dans leur hivernage au Pôle Nord, ont vécu en se nourrissant presque exclusivement de viande et de graisse d'ours, à la manière des Esquimaux ; c'est un remarquable exemple d'accoutumance du tube digestif à

un régime alimentaire purement animal, peu fait pour des estomacs d'Européens civilisés.

De plus, il est certain que les facteurs psychologiques et moraux ont eux aussi une grande importance ; suivant que nous sommes heureux ou tristes, pleins d'entrain ou découragés, les phénomènes d'assimilation et de combustion de notre organisme sont profondément modifiés.

En résumé, on peut conclure avec L. Chauvois que : « sous nos latitudes et avec notre vie fortement intellectualisée, il apparaît qu'une alimentation presque exclusivement albumineuse devient vite usante, encrassante, intoxicante, que l'alimentation exclusivement grasse devient elle très vite indigeste, et qu'au contraire, une alimentation convenablement riche en hydrates de carbone permet d'abaisser notablement les substances albumineuses et grasses, qui seraient nuisibles en trop forte proportion ».

« Il faut donc dans l'alimentation donner la prédilection aux éléments végétaux qui sont riches en hydrates de carbone, plutôt que de prendre l'orientation inverse trop actuelle, qui pousse à la consommation des chairs animales (viandes, poissons) presque exclusivement albumineuses et grasses ». On pourra, par exemple, constituer un déjeuner de la façon suivante :

1) plat farineux féculent : pommes de terre, nouilles au beurre, macaroni au fromage, légumes secs en purée ;

2) viande grillée : 100 à 150 gr., ce qui donne environ 20 à 30 gr. d'albumines ;

3) salade, entremets, dessert : fruits, fromage.

A part la ration journalière de viande, il est inutile de regarder la valeur calorique des autres aliments et de la doser rigoureusement.

II. EXERCER

Un moteur d'automobile qui reste au repos, finit à la longue par se détériorer ; de même, s'il tourne au ralenti, il n'arrive pas à brûler complètement les déchets et il arrive à s'encrasser. C'est ce qui se passe aussi dans le moteur humain, et c'est ce qui explique pour lui la nécessité de l'exercice, s'il veut toujours avoir une bonne carburation physiologique.

Nécessité de l'exercice.

Beaucoup d'hommes et de femmes sont convaincus que le travail musculaire n'est plus de leur âge ; ils en comprennent l'urgence pour le jeune homme, mais n'en voient pas la nécessité pour eux ; de plus, leurs habitudes et leurs obligations de civilisés réduisent souvent à une dose illusoire les mouvements qu'ils exécutent, et leurs muscles restent dans une inactivité relative. Comme le moteur automobile, leur organisme avec l'âge finira par s'encrasser, et la sédentarité

sera pour eux à l'origine de maladies générales et de diathèses : obésité, goutte, rhumatisme chronique, gravelle.

C'est dire que l'exercice sera particulièrement indiqué chez les gens qui mènent une existence sédentaire, et chez ceux dont les acquisitions, par suite d'un régime alimentaire trop riche, sont supérieures aux dépenses, entraînant une augmentation importante des réserves, qui conduit le sujet à l'obésité.

L'exercice sera également indiqué pour exciter l'activité des glandes de l'organisme ; c'est ainsi qu'il améliorera considérablement les troubles glandulaires de la femme au moment de la ménopause. Il sera aussi utile pour désintoxiquer l'organisme, en accélérant l'élimination et la combustion des déchets. Dans tous ces cas, il sera un excellent agent thérapeutique, souvent plus efficace et plus durable que toutes les médications de la pharmacopée.

Modes d'exercice.

Les modes d'exercice devront être surtout en rapport avec l'âge et l'état physique du sujet. Chez l'homme jeune, qui n'a pas terminé sa croissance et qui a des acquisitions nutritives supérieures aux pertes, l'alimentation qui est nécessairement copieuse, exigera des efforts musculaires importants ; il n'en sera plus de même chez l'adulte, dont il suffit de remplacer les

quelques matériaux détruits chaque jour ; chez lui, des exercices modérés suffiront à éviter l'accumulation des matières de réserve et à favoriser l'élimination des déchets.

L'étude des différents modes d'exercice dépasserait le cadre de cette thèse ; mais il en est un qui peut être appliqué par tout le monde, qui est à la fois le plus simple et le meilleur de tous les exercices et aussi le plus facile à doser : c'est la marche à pied.

La marche à pied mobilise les deux tiers des masses musculaires du corps humain ; elle les fait agir doucement, modérément, physiologiquement pourrait-on dire. Son premier résultat est d'augmenter les échanges respiratoires, et par là même, les combustions ; c'est ainsi qu'au repos, 4 à 5 litres d'air traversent le poumon en une minute, 220 à 250 cc. d'oxygène sont absorbés et 200 à 210 cc. de gaz carbonique sont rejetés ; pendant une marche modérée ce sont 16 à 20 litres d'air qui chaque minute traversent le poumon, tandis que l'élimination de l'acide carbonique passe à 760 ou 800 cc pour le même temps.

La marche à pied produit une diminution de poids qui est due à la dépense physiologique causée par le travail musculaire ; c'est ainsi que pendant l'exercice, les sécrétions urinaires et sudorales augmentent, de même que la quantité d'eau qui s'évapore au niveau du poumon.

Pour formuler une prescription de marche, il faut toujours fractionner les doses. En outre, plus le sujet paraît affaibli, moins les distances à parcourir seront longues. La marche, à une allure proportionnée aux forces de chacun, demeure l'exercice de choix à la portée de tous.

Effets généraux de l'exercice.

Sous l'influence de l'exercice, les tempéraments et les constitutions ont une tendance à être ramenés en même type. C'est ainsi que l'obèse maigrit et que le maigre engraisse, que le congestif voit sa gêne circulatoire diminuer, tandis que le sujet pâle prend des couleurs plus vives. L'exercice produit en effet sur l'organisme deux effets inverses ; d'une part, il augmente les phénomènes d'assimilation ; d'autre part, il accélère la désassimilation ; mais ces deux effets inverses tendent à un même résultat.

C'est pourquoi, l'exercice physique bien compris est celui qui, chez un sujet bien portant, équilibre ces deux résultats opposés. C'est aussi celui qui provoque soit l'augmentation soit la diminution du poids du corps, suivant le but que l'on veut atteindre ; en effet, suivant le mode d'application, l'exercice peut donner des résultats opposés, et le même exercice peut faire augmenter ou diminuer le poids d'un athlète, suivant la vitesse avec laquelle il est accompli.

Du côté du poumon, l'exercice accroît les écharges respiratoires ; la quantité d'oxygène absorbé et de gaz carbonique éliminé est proportionnelle à l'intensité du travail. Il s'en suit un accroissement parallèle des oxydations intra-cellulaires. De plus, à la longue, sous l'influence de l'exercice méthodiquement poursuivi, le nombre des respirations diminue tant au repos que pendant le travail, tandis que leur amplitude s'accroît et que leur force se régularise.

Sur tous les muscles, il y a, grâce à l'exercice, augmentation générale de la tonicité ; on s'en est rendu compte par des observations dynamométriques. L'énergie du muscle cardiaque est elle aussi augmentée. Enfin, l'exercice bien compris stabilise le fonctionnement nerveux ; chez un sujet exercé, les réponses motrices à une excitation donnée se font à une vitesse et avec une force toujours sensiblement égales ; tandis que chez des sujets non exercés, elles sont variables en intensité et en promptitude.

C'est, dans la maladie de la nutrition, que la cure d'exercice donne ses meilleurs résultats, car elle permet d'oxyder les matières de réserve et d'empêcher leur accumulation dans l'organisme ; c'est de plus, par l'exercice, que sont oxydés les déchets azotés.

Actuellement d'après M. Boigey, la moitié des décès est imputable à l'insuffisance hépato-rénale, aux maladies du cœur et des vaisseaux, et aux complica-

tions qui marquent le dénouement habituel des maladies de la nutrition. Pour lui, cela tient à ce que de trop nombreuses personnes passent leur vie dans une quasi immobilité. Le confort, le luxe, tous les perfectionnements techniques tendent à la suppression de l'effort physique, qui est cependant indispensable à l'entretien de la santé. Pour prévenir ces accidents, ou pour y remédier lorsqu'ils ont déjà apparu, il n'est pas de thérapeutique plus active que l'exercice.

Exercice et nutrition.

Les travaux contemporains sur la vie cellulaire, sur la composition du sang, nous ont montré que l'exercice est l'un des plus puissants modificateurs de la nutrition que nous possédions.

En effet, l'exercice a comme effet principal, l'augmentation du métabolisme cellulaire ; au cours de l'activité musculaire, la quantité d'oxygène absorbé et les quantités de gaz carbonique éliminé augmentent, ce qui est en rapport avec un accroissement des combustions organiques ; celui-ci est indispensable, pour fournir à l'organisme le supplément d'énergie qui lui est nécessaire, pour accomplir le travail qu'on lui demande.

L'organisme ne possède aucune réserve d'oxygène ; et, en toute circonstance, il est tenu de se le procurer sur le champ, et d'en proportionner l'apport à l'im-

portance de ses besoins. Il en est de même pour l'élimination du gaz carbonique, qui doit avoir lieu sans délai au fur et à mesure de sa production. On a pu représenter par des chiffres les variations subies par les échanges respiratoires au cours de l'exercice. Si l'on prend comme unité la valeur des échanges respiratoires dans la position couchée, on trouve les chiffres suivants. Dans la position couchée : échanges respiratoires : 1, dans la position assise : échange respiratoire : 1,24, dans la position droite : échange respiratoire : 1,41, pendant une marche exécutée lentement : échange respiratoire, 1,81, pendant une marche au cours de laquelle le sujet faisant 4 km. à l'heure, porte un poids représentant le cinquième du poids de son corps, échanges respiratoires : 4,21, dans une marche au pas gymnastique, échanges respiratoires : 6,227, pendant une course de vitesse : échanges respiratoires : 9,35, pendant une course de natation, en compétition : échanges respiratoires : 14,2.

Ces chiffres cités par M. Boigey, montrent bien l'augmentation considérable du métabolisme au cours de l'exercice, et c'est de cet effet primordial que découlent toutes les conséquences thérapeutiques de l'exercice. Parmi les maladies de la nutrition il en est une surtout qui relève de la cure d'exercice : c'est l'obésité.

Exercice et obésité.

Les causes de l'obésité sont multiples, mais parmi elles, on peut citer : les excès d'alimentation, l'insuffisance d'exercice, un mauvais fonctionnement des glandes endocrines.

C'est surtout dans les milieux aisés où l'existence est sédentaire et l'alimentation trop riche, que fleurit l'obésité ; elle est au contraire exceptionnelle dans les classes de la société qui accomplissent un travail manuel et dont l'alimentation est moins copieuse. Chaque fois que l'exercice n'est pas en proportion de l'alimentation, il reste dans l'organisme des réserves qui, n'étant pas brûlées, sont emmagasinées dans l'économie. D'ailleurs, ce qui se passe chez les animaux, montre bien qu'il en est ainsi chez l'homme ; c'est ainsi qu'en gavant les oies et les canards et en les maintenant dans une inactivité absolue, on arrive à hypertrophier leur foie dans des proportions considérables ; de même qu'on provoque l'engraissement du bœuf, en lui faisant cesser tout travail. Tout cela montre que, pour que la nutrition se fasse régulièrement, il faut que le budget nutritif soit bien établi, ne se soldant ni par un excédent de recettes, ni par des dépenses excessives.

Mais, il est des cas où l'obésité ne peut être rattachée ni à un excès d'alimentation, ni à la sédentarité, et elle

semble relever alors de troubles glandulaires endocriniens, à l'origine desquels il faut placer, en première ligne, la syphilis et cette forme de tuberculose qu'on a qualifiée de floride.

Pour Maurel qui a bien étudié la génération d'arthritiques, l'obésité marquerait la période de déchéance dans la lignée arthritique ; il en a donné le schéma suivant :

Première génération : un sujet suralimenté présente vers la quarantaine un peu d'adiposité généralisée, mais il finit sa vie sans accidents pathologiques notables.

Deuxième génération : ses enfants, suralimentés comme leur père, ont de l'obésité précoce et deviennent gouteux ou diabétiques.

Troisième génération : on constate de l'obésité infantile. Le développement organique se fait mal. Des malformations peuvent survenir, ou des accidents névropathiques divers soulignent la descendance arthritique.

Tout cela montre que l'obésité relève de causes multiples et qu'il n'y a pas un traitement exclusif de l'obésité capable de donner des résultats dans tous les cas. Mais, c'est souvent une thérapeutique fort complexe, où il faudra à la fois réduire les aliments, augmenter les combustions, faire de l'opothérapie etc.

Nous ne nous occuperons ici que de la part du traitement qui revient à l'exercice.

Il y a dans l'obésité des degrés très divers. Comme l'a dit Heckel, un homme peut être gras sans le paraître ; en effet, la graisse peut être diffuse, en couverture mince et non pas en amas apparents ; la graisse s'infiltré alors dans le tissu cellulaire sous-cutané ; elle persille les muscles, l'épiploon, le mésentère, etc. Dans d'autres cas, au contraire, il se fait ici et là d'énormes accumulations de graisse, qui déforment le buste, les membres et peuvent même entraver le développement des organes internes. Le cœur, les poumons, l'appareil digestif sont gênés et comprimés par ce tissu graisseux qui les entoure de toute part. Puis après la phase de simple infiltration graisseuse, survient celle de dégénérescence. Il s'en suit que chez l'obèse, la circulation est entravée, la respiration insuffisante, la viscosité du sang extrême, l'essoufflement facile.

De plus, le moindre mouvement exige de l'obèse un travail complémentaire considérable ; en effet, le supplément de poids que représente la graisse à chaque déplacement, accroît encore le travail. C'est ainsi qu'un obèse peut porter jusqu'à 50 kgr. de poids mort ; et cela transforme le moindre mouvement en un pénible travail. Pour monter un escalier par exemple, il fournit une somme de travail égale à celle que devrait dépenser un homme de corpulence moyenne, faisant la

même ascension, et portant sur ses épaules un fardeau égal au poids mort que représente la graisse de l'obèse, qui peut atteindre 40 à 50 kgr.

Chez l'obèse, diverses formes d'exercice peuvent être employées. Certaines sont très ingénieuses, mais demandent une installation plus ou moins coûteuse et compliquée. Le plus simple et peut-être aussi le plus efficace, est de recourir aux moyens et aux exercices naturels : mouvements passifs, mouvements actifs, marche, cure de terrain.

Les mouvements passifs sont ceux qu'un vide imprime aux différents muscles ou groupes musculaires du patient ; ce sont à proprement dit des mouvements communiqués, et c'est par eux qu'il faut commencer le traitement hygiénique de l'obésité. On fera par exemple fonctionner successivement toutes les articulations des membres, pendant une ou deux semaines, chaque jour pendant environ une heure. Ces mouvements, exécutés d'abord lentement, seront plus rapides en fin de séance, et on imprimera aux bras, aux jambes, au cou des mouvements de flexion et d'extension, d'abduction et d'adduction et surtout de circumduction.

Les mouvements actifs, accomplis par le sujet lui-même, seront d'abord locaux : par une série de mouvements successifs, le sujet sollicitera les divers groupes

musculaires à entrer en contraction isolément et les uns après les autres.

Mais, c'est surtout la marche qui donne dans le traitement de l'obésité d'excellents résultats. Aux mouvements actifs succèdera la marche en terrain plat. Cet exercice doit être contrôlé, parce que certains obèses très affaiblis peuvent se trouver fort aggravés par un exercice mal réglé. C'est l'exercice le plus simple, le plus rationnel et en même temps le plus adapté aux faibles forces de l'obèse. Mais il faut réglementer méticuleusement la durée de la promenade, la vitesse et l'allure à laquelle le malade devra l'effectuer ; on commencera par une demie-heure le premier jour, et on finira par 3 ou 4 heures chaque jour à la fin du traitement, coupées de repos plus ou moins espacés.

Enfin, on tirera souvent de précieux avantages chez l'obèse de la cure de terrain. La marche quotidienne sera effectuée pendant un temps de plus en plus long et sur un terrain de plus en plus montueux. Toutes les fonctions et tous les organes sont influencés par la marche en terrain accidenté ; de plus, elle se prête à un dosage rigoureux et s'exécute dans des conditions hygiéniques d'aération et d'altitude particulièrement favorables.

Sous son influence, la combustion des acides gras est augmentée ; la transpiration cutanée et l'exhalation pulmonaire sont accrues ; la masse de liquide qui

se trouve dans les artères et dans les veines est diminuée et le travail du cœur est allégé. La marche en terrain montueux est de plus un excellent moyen diurétique ; cette diurèse apparaît vers le sept ou huitième jour de la cure et est due au fait que le système vasculaire, auparavant distendu et congestionné, a retrouvé sa tonicité. Peu à peu, grâce au fonctionnement plus actif que leur impose la marche en montagne, les éléments adipeux, qui tendaient à se substituer à ses éléments contractiles, disparaissent du cœur, dont la contraction acquiert plus d'ampleur, plus d'énergie et plus de régularité.

Et c'est à la régularité sanguine en même temps qu'à son accroissement, que doit tendre la cure de l'obésité ; ce serait au contraire une faute, de vouloir en retirer des effets esthétiques complets. Il faut se contenter d'améliorer les aptitudes fonctionnelles de l'obèse, et se rappeler que la réapparition de graisse, qu'un exercice méthodique et progressif avait fait disparaître, est l'écueil du traitement chez beaucoup d'obèses. Les résultats ne seront maintenus que si le malade ne cesse jamais d'exercer, dans une mesure convenable, les facultés qu'il a regagnées.

Exercice et excrétion.

L'influence de l'exercice sur les fonctions d'excrétion et notamment sur la fonction sudorale est considéra-

ble. Or, la solution provoquée par le mouvement peut donner, dans le traitement des maladies de la nutrition d'excellents résultats, et on ne peut concevoir un état de nutrition vraiment en équilibre, sans la participation incessante de la fonction sudorale.

Boigey a démontré, par diverses expériences, le rôle de l'exercice sur l'excrétion sudorale. Chez 11 lithiasiques urinaires âgés de 50 à 55 ans et soumis à un exercice modéré, il a vu une élimination d'urée si importante, qu'elle cristallisait à la surface de la peau des régions axillaires et inguinales et dans les mailles de bourdonnets de coton placés sous l'aisselle. Chez eux, le taux de l'urée sanguine qui atteignait au repos 0,52 à 0,61 subissait, lors de la crise sudorale provoquée par l'exercice, un accroissement transitoire (0,68 à 0,82) pendant une trentaine de minutes environ, pour retomber, une heure après la cessation de l'exercice, à un taux inférieur à celui qui était habituellement observé au repos chez ces malades : au lieu des chiffres antérieurs (0,42 à 0,61) on ne trouvait plus plus que 0,40 à 0,54.

Chez cinq diabétiques, ayant de 21 à 110 gr. de sucre par litre d'urines, il a vu le glucose éliminé en nature, à la suite de séances répétées d'exercice modéré ou de marche à pied. Eu égard à la faible quantité de sucre émise, les proportions relatives de sucre éliminé étaient dans la sueur considérables, et sous un

taux de concentration relatif bien plus grand que dans les urines.

Des cystinuriques lui remirent, après six séances d'exercice, des chandails de coton ou l'on découvrit, épars au niveau des emmanchures, quantité de cristaux de cystine.

Chez les jeunes gens il a constaté sous l'influence de l'exercice une importante élimination d'acide lactique ; dans les exercices de courte durée, cet acide lactique passe surtout dans la sueur, qui devient alors le grand émonctoire des poisons musculaires.

Il a vu aussi, alors que dans la sueur il n'y a au repos que 1, 45 % de chlore en moyenne, il y en a 3, 27 % et quelquefois plus, dans la sueur produite au cours de l'exercice.

Acide au tournesol au début de la sécrétion, la sueur change peu à peu de réaction ; elle devient neutre au bout de quelques instants, puis alcaline quand la sécrétion se prolonge. D'une manière générale, la sueur des gouteux contient une quantité importante d'ammoniaque, de phosphates et d'urée.

Des observations analogues ont été faites par Anselmino (urée et ammoniaque dans la sueur des gouteux), Starck (acide urique et sels calcaires), Simon (acide lactique dans la sueur des gouteux et des rhumatisants), Bergeron et Lemaître (sucre dans la sueur des

diabétiques), Piatti, d'Elgersburg (phosphate et acétate d'ammoniaque dans la sueur des gouteux).

Enfin, la sueur produite par l'exercice musculaire a un pouvoir toxique très élevé; elle est fortement chargée de poisons musculaires, et libère par là une quantité importante de produits nuisibles. C'est ainsi que Arloing, Charrin et Mavrojanis ont démontré que la sueur provoquée par le travail tue le chien à qui on l'injecte, à une dose beaucoup plus faible que celle qui est nécessaire, si la sudation a été provoquée artificiellement par l'étuve, le corps étant au repos.

Le mouvement réglé et dosé apparaît donc comme le meilleur régulateur de la nutrition, en même temps qu'il est l'agent de désintoxication de l'organisme le plus actif. De plus, par la libération des acides divers que provoque le mouvement musculaire, l'exercice peut être utile au thérapeute, dans divers états pathologiques où il faut acidifier l'organisme.

CONCLUSIONS

Comme l'a écrit M. le Professeur Tanon, toutes ces considérations ne prétendent pas à l'exactitude. Comme il a été dit plus haut, il ne faut pas forcer la comparaison. Mais elles servent à établir dans l'esprit une relation qui facilite la compréhension et l'analyse clinique.

1. Le terme emprunté à l'automobile semble bien pouvoir être employé pour indiquer dans quelle mesure on peut s'alimenter, suivant les circonstances, les temps, les milieux, les constitutions, et dans quelle mesure aussi, on doit pratiquer un exercice pour utiliser les aliments. Tout excès dans un sens ou dans l'autre est contraire aux règles de l'hygiène et dans le cas où il a été effectué, un exercice suffisant permet de rétablir l'équilibre en brûlant les déchets, en activant la circulation, en faisant fonctionner les émonctoires, lesquels remplissent leurs fonctions, non pas mécaniquement, mais par autodynamisme, ce qui est un grand avantage.

2. Cette notion doit entrer en ligne de compte dans

l'hygiène individuelle. Elle n'est que la représentation de la nécessité des exercices physiques, recommandés à tous ceux qui ont une occupation sédentaire ou qui ont, par hérédité, un tempérament gouteux. Elle ne fait que traduire, à l'aide d'une comparaison empruntée à l'industrie moderne, ce que l'hygiène avait depuis longtemps enseigné, à savoir qu'un exercice modéré était chaque jour nécessaire, ou qu'une alimentation bien comprise devait être proportionnée aux exercices physiques ou intellectuels qu'on devrait fournir. C'est, comme toujours, en matière d'hygiène, une question d'éducation physique et morale. Pour la faire comprendre plus facilement, la comparaison avec la carburation d'un moteur m'a paru logique, et en tout cas instructive.

3. Chacun doit apprendre à carburer suivant ses besoins, et cette régulation doit porter aussi bien sur la qualité et la quantité des aliments que sur celles de l'exercice ou du travail, elle ne peut être mieux faite qu'en écoutant ses instincts, sans prétendre à les dominer par le raisonnement.

Vu : Le Doyen.
TIFFENEAU.

Vu : le Président de thèse,
L. TANON.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris,
G. ROUSSY.

BIBLIOGRAPHIE

Tanon (Professeur). — *Conférence faite à Radio-Paris le 1^{er} septembre 1938.*

Allendy (R.) et Reaubourg (G.). — *Précis de thérapeutique alimentaire.*

Arthus (M.). — *Précis de physiologie.*

Béclard (G.). — *Traité élémentaire de physiologie humaine.*

Binet (L.). — *Traité de physiologie normale et pathologique.*

Boigey (M.). — *Physiologie générale de l'éducation physique.*

— *Manuel scientifique d'éducation physique.*

— *L'élevage humain.*

— *Les cures d'exercice aux différents âges de la vie et pour les deux sexes.*

Bouquet (H.). — *Pour bien se porter.*

Brucker (R.). — *Notre corps, son entretien, son hygiène.*

Chauvois (L.). — *Ce qu'il faut connaître de soi, pour se bien porter.*

— *La machine humaine enseignée par la machine automobile.*

Courtois (J.R.). — *L'action dynamique spécifique des aliments. Etude de son comportement physiopathologique.*

Debreyne (P.J.C.). — *Précis de physiologie humaine.*

Danum (L.). — *Réduction de la ration alimentaire.*

Gautier (A.). — *L'alimentation et le régime chez l'homme sain et chez les malades.*

Germaine et Carlos Bungé. — *Principes d'hygiène alimentaire et préceptes d'hygiène générale d'après Harish.*

Gley (E.). — *Traité élémentaire de physiologie.*

Hanns (R.A.). — *L'hygiène de l'alimentation.*

Hédons (E.). — *Précis de physiologie.*

Hoenig (H.). — *La pratique des exercices physiques.*

Lassablière (P.). — *Aliments, régimes, indications, contre-indications.*

Lecocq (R.). — *Les nouvelles théories alimentaires.*

Otto Cargné. — *La base de toute réforme. Santé... par l'alimentation rationnelle.*

Pagès (C.C.). — *Manuel de culture physique.*

Rathery (F.). — *L'alimentation et les régimes chez l'homme adulte.*

Roger (G.H.) et Binet (L.). — *Traité de physiologie normale et pathologique.*

Imp. F. BOISSEAU, Rue du Taur, 34 - TOULOUSE (France)

